

<https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-4-116-128>

УДК 616.12-073.7

Сравнительный анализ критериев диагностики классической кардиологии и кардиометрии

М. Ю. Руденко¹ ✉

¹ Южный федеральный университет
ул. Чехова, д. 22, г. Таганрог 347900, Российская Федерация

✉ e-mail: cardiocode@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Кардиометрия, развиваясь более тридцати лет, достигла определенных результатов, которые позволяют расширить диагностические возможности ЭКГ. Однако критерии кардиометрических диагнозов пока не вошли в нормативные показатели, утвержденные Минздравом. Учитывая возможности кардиометрии и темпы ее развития, в данной статье приводится сопоставление диагнозов, полученных классическим и кардиометрическим методами, с позиции взаимозаменяемости.

Цель исследования – произвести сопоставление кардиологических диагнозов, сделанных на основе ЭКГ, полученных классическим и кардиометрическим методами, используя позицию взаимозаменяемости.

Методы. В данной работе применяется принцип суперпозиции, заключающийся в использовании одной функции для обработки результатов другой. Существующий классический результат описывается с помощью кардиометрической функции. В результате на практике появляется логическая возможность перехода к более точному диагнозу. При этом не разрушается основа классического диагноза.

Результаты. Представлен сравнительный анализ классического кардиологического и кардиометрического методов оценки ЭКГ. Всего рассмотрено 11 диагнозов. По каждому сравнению сделаны конкретные выводы и рекомендации.

Кардиометрия позволяет качественно оценить: а) U-волна на ЭКГ возникает в период фазы ранней диастолы. Она связана с наполнением коронарного кровотока, но диагностировать качество его наполнения можно только с помощью синхронно записанной реограммы от точки T, конца волны T до начала волны U; б) гипер- и гипокальциемию оценивают в фазе S – L по амплитуде фазы; в) гипер- и гипокальциемию оценивают в фазе L – j по амплитуде фазы.

Заключение. Данная работа показывает возможности расширения классического кардиологического диагноза на основе ЭКГ.

Ключевые слова: кардиология; кардиометрия; ЭКГ; диагностика; анализ критериев диагностики.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Руденко М. Ю. Сравнительный анализ критериев диагностики классической кардиологии и кардиометрии // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2024. Т. 14, № 4. С. 116–128. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-4-116-128>

Поступила в редакцию 08.10.2024

Подписана в печать 07.11.2024

Опубликована 27.12.2024

© Руденко М. Ю., 2024

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2024;14(4):116–128

Comparative analysis of diagnostic criteria of classical cardiology and cardiometry

Mikhail Y. Rudenko¹ ✉

² Southern Federal University
22 Chekhova Str., Taganrog 347900, Russian Federation

✉ e-mail: cardiocode@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Cardiometry, which has been developing for more than thirty years, has achieved certain results that make it possible to expand the diagnostic capabilities of the ECG. However, the criteria for cardio-metric diagnoses have not yet been included in the regulatory indicators approved by the Ministry of Health. Taking into account the possibilities of cardiometry and the pace of its development, this article provides a comparison of the forecasts obtained by classical and cardiometric methods from the standpoint of interchangeability.

The purpose of research is to compare the cardiological diagnoses made on the basis of ECG obtained by classical and cardiometric methods, using the position of interchangeability.

Methods. In this paper, the principle of superposition is applied, which consists in using one function to process the results of another. The existing classical result is described using a cardiometric function. As a result, in practice there is a logical possibility of moving to a more accurate diagnosis. At the same time, the basis of the classical diagnosis is not destroyed.

Results. A comparative analysis of classical cardiological and cardiometric ECG assessment methods is presented. A total of 11 diagnoses were considered. Specific conclusions and recommendations are made for each comparison. Cardiometry allows a qualitative assessment of: a) The U-wave on the ECG occurs during the early diastole phase. It is associated with the filling of the coronary bloodstream, but the quality of its filling can only be diagnosed using a synchronously recorded rheogram from point T, the end of wave T to the beginning of wave U; b) hyper- and hypocalcemia are evaluated in the S – L phase by the amplitude of the phase; c) hyper- and hypokalemia are evaluated in the L-phase. j by phase amplitude.

Conclusion. This work shows the possibilities of expanding the classical cardiological diagnosis based on an ECG.

Keywords: cardiology, cardiometry, ECG; diagnosis; analysis of diagnostic criteria.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Rudenko M.Y. Comparative analysis of diagnostic criteria of classical cardiology and cardiometry. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2024;14(4):116–128. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-4-116-128>

Received 08.10.2024

Accepted 07.11.2024

Published 27.12.2024

Введение

Кардиометрия, развиваясь более тридцати лет, достигла определенных результатов, которые позволяют расширить диагностические возможности ЭКГ [1, с. 122]. Однако критерии

кардиометрических диагнозов пока не вошли в нормативные показатели, утвержденные Минздравом. Учитывая возможности кардиометрии и темпы ее развития, в данной статье приводится сопоставление диагнозов, полученных

классическим и кардиометрическим методами, с позиции взаимозаменяемости.

Решение сложных медицинских задач часто требует применения нестандартных подходов. Один из таких подходов – использование принципа суперпозиции функций, хорошо известного в физике, где он является основой для описания многих явлений [2, с. 15]. В контексте медицинской диагностики принцип суперпозиции предполагает последовательное применение нескольких математических функций к исходным данным. Например, мы можем иметь классические результаты медицинского обследования, представленные в виде набора численных показателей (например, результаты анализов крови, ЭКГ, данные функциональных проб). Вместо непосредственной интерпретации этих данных мы можем применить к ним сначала одну математическую функцию, которая, например, выявит скрытые корреляции или паттерны, недоступные визуальному анализу [3, с. 5]. Результат этой первой функции затем обрабатывается второй функцией, которая, в свою очередь, может фокусироваться на других аспектах данных, уточняя и детализируя полученную информацию. Этот многоступенчатый процесс позволяет извлекать из данных значительно больше информации, чем при простой визуальной оценке.

В качестве иллюстрации представим применение кардиометрической функции к классическим результатам электрокардиограммы (ЭКГ). Стандартная интерпретация ЭКГ основывается на визуальном анализе зубцов и интервалов

[4, с. 80]. Однако применение к этим данным кардиометрической функции, представляющей собой сложную математическую модель, способной учитывать тонкие изменения электрической активности сердца, позволит выявить скрытые аномалии, невидимые при обычном анализе. Эта функция может, например, вычислить интегральные показатели, отражающие степень дисбаланса в электрической активности разных частей сердца, или определить вероятность развития аритмий в будущем. Результат работы кардиометрической функции может быть затем обработан другой функцией, интегрирующей эти данные с результатами других исследований (например, данными ультразвукового исследования сердца или анализами крови), чтобы составить более полную картину состояния сердечно-сосудистой системы пациента [5, с. 63].

Такой подход к анализу данных позволяет перейти от традиционной (часто – субъективной) интерпретации медицинских результатов к более объективной и количественной оценке состояния пациента. Это, в свою очередь, ведёт к повышению точности диагноза, позволяет прогнозировать развитие заболевания и разрабатывать более эффективную и персонализированную терапию. При этом важно отметить, что использование принципа суперпозиции функций не отменяет, а дополняет классические методы диагностики. Классические методы остаются важной отправной точкой, а математические функции играют роль мощных инструментов, позволяющих извлечь из этих данных

максимум полезной информации и, таким образом, улучшить качество медицинской помощи. Потенциал применения суперпозиции функций в медицине огромен, и дальнейшие исследования в этой области могут привести к революционным изменениям в диагностике и лечении различных заболеваний [6, с. 144]. Важно подчеркнуть, что разработка и применение таких функций требует участия специалистов как в области медицины, так и в области математического моделирования и обработки данных.

Материалы и методы

Для понимания проблемы развития диагноза с помощью ЭКГ в классической кардиологии целесообразно детально рассмотреть утвержденные Минздравом диагностические критерии, которые используются на практике [7, с. 59]. После определения классических диагнозов можно будет их сравнить с кардиометрическими с целью выявления их совместимости. Это позволит расширить диагностические возможности ЭКГ [8, с. 20].

Результаты и их обсуждение

Ритм и его частота

Показатели ритма и его частоты: частота сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии покоя и при физических нагрузках колеблется между 55 и 140 уд./мин. В этом значении параметр зависит от способности сердца создавать ударный и минутный объемы крови (SV, мл) и их взаимосвязи с потреблением кислорода организмом. ЧСС в покое является

информативным показателем и должна находиться в пределах 60–80 уд./мин [9, с. 25]. Отклонение от этого диапазона указывает на напряженность сердечно-сосудистой системы, которая может быть связана с кислородным голоданием. Более значимым показателем является девиация частоты – различие между мгновенными значениями ЧСС. Низкое изменение этого показателя затрудняет функционирование сердца. В классической кардиологии такой параметр не считается обязательным для диагностики и используется только при углубленных обследованиях.

Сравнивая кардиологические и кардиометрические подходы, можно отметить, что нормальная ЧСС в покое должна быть в диапазоне 55–85 уд./мин, и кардиометрия не учитывает тип синусового ритма, поскольку это не раскрывает причины его изменений [10, с. 63].

Классическая кардиология фокусируется на интервалах и сегментах ЭКГ. Однако этапы сердечного цикла не являются основными диагностическими критериями, и связь между ЭКГ и гемодинамикой игнорируется. Изучение продолжительности интервалов без учета параметров гемодинамики в большинстве случаев не является надежным диагностическим критерием, поскольку не учитывает компенсаторные механизмы сердечно-сосудистой системы. Если одна фаза прерывает свою функцию, другая попытается это компенсировать [11, с. 3]. Практические исследования блокад проводящей системы сердца не показали успеха. Заболевание проводимости сердца не поддается лечению ни

медикаментозно, ни хирургически, и многие люди живут с этим состоянием, не замечая проблем. Внедрение кардиостимулятора связано с проблемами центральной нервной системы и зависит от связи гемодинамики с симпатической нервной системой, при этом не существует дублирующих проводящих систем в сердце. Гемодинамика зависит от качества метаболизма сердечной мышцы и состояния коронарных

артерий, которые обеспечивают её кислородом [12, с. 793].

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагноза: Использование в диагностике термина «блокада» должно быть подкреплено конкретными рекомендациями. Необходимо анализировать качество метаболизма в фазах Q–R–S, S–L, L–j.

На рисунке 1 показана фазовая структура сердечного цикла.

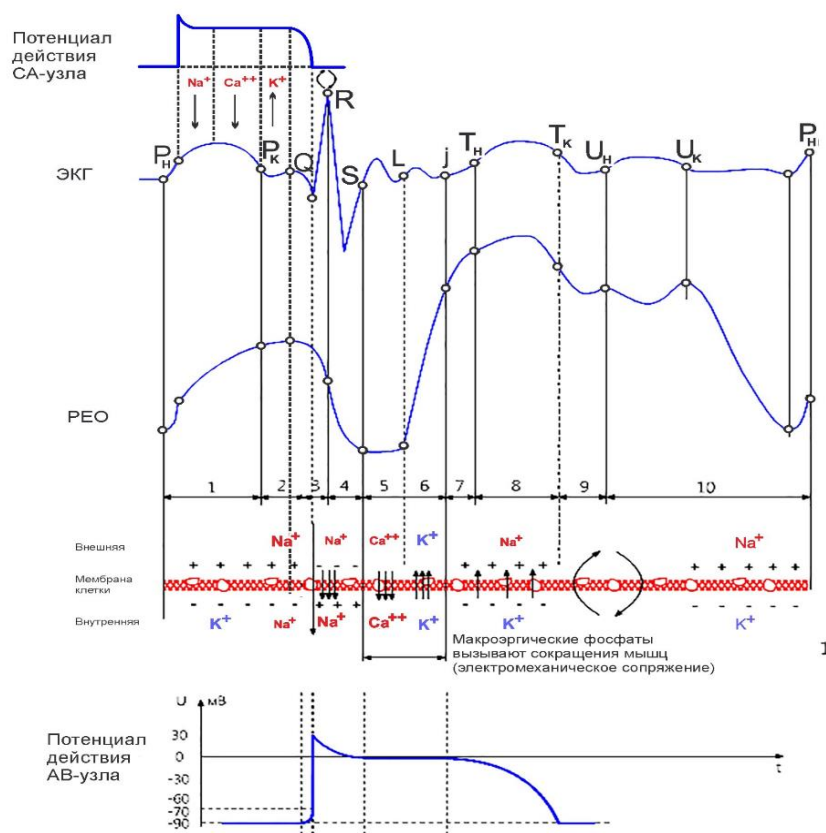


Рис. 1. Фазовая структура сердечного цикла

Fig. 1. The phase structure of the cardiac cycle

Синдром ВПВ (WPW)

Синдром ВПВ (WPW) основан на концепции раннего возбуждения желудочков, что теоретически невозможно, поскольку оно не может нарушить порядок поступления и вывода биохимических

компонентов [13, с. 5]. Раннее возбуждение также исключено, поскольку АВ-узел генерирует потенциал действия только в ответ на определенный уровень артериального давления. АВ-узел действует как барорецептор. Он не может

возбуждаться от других причин, аналогично барорецепторам аорты. Процесс входа Na^+ в клетки и сокращение сердечной мышцы отражается в QRS-комплексе и зависит от аэробных процессов. Далее, происходит электро-механическое сопряжение с входом Ca^{++} и выходом K^+ , создающим разницу давления между желудочком и аортой, что позволяет клапану аорты открываться [14, с. 61].

В традиционной кардиологии нет способа лечения синдрома ВПВ. Следует отметить, что форму ЭКГ можно корректировать дыхательными движениями без медицинского вмешательства, а появление дельта-волн связано с анатомическими особенностями взаимодействия легких и предсердий [15, с. 73].

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагноза: форма ЭКГ, соответствующая ВПВ, не указывает на опасное состояние. Необходимо контролировать потребление кислорода в фазе Q-R-S, что должно быть в пределах нормы.

Зубец Q и развитие зубца R

В традиционной кардиологии форма зубца Q служит индикатором инфаркта миокарда. Если инфаркт исключен, то исследуются гипертрофическая кардиомиопатия или синдром WPW [16, с. 34].

Однако в кардиометрии такой метод анализа не применяется. Здесь фаза P-Q соответствует систоле предсердия и отражает закрытие предсердно-желудочковых клапанов. В момент полного закрытия этих клапанов давление в

желудочках должно достичь уровня, необходимого для запуска генерации импульсов в АВ-узле. Форма фазы P-Q зависит от анатомической структуры лёгких и предсердий, а также от накопления патогенных агентов, включая бактерии, вирусы, грибы и паразитов, имеющих системный характер [17, с. 78].

По этой причине в кардиометрии анализ фазы P-Q является важным параметром электрокардиограммы. Это можно оценить только при выполнении ортостатической пробы и исследовании изменения амплитуды относительно контура. Обычно таких изменений быть не должно, а если таковые имеются, необходимо принять меры для эффективного применения натуропатических препаратов для очищения крови.

Измерение длительности P-Q позволяет судить о растяжимости сердечной мышцы и сопротивлении кровотоку [18, с. 24].

Сравнение кардиологического и кардиометрического диагнозов показывает, что изменение амплитуды фазы P-Q важно для диагностики, так как указывает на изменения в составе крови и возможное поражение органов и систем, связанных с хроническими заболеваниями. Очистка крови натуральными средствами способствует восстановлению состояния организма.

Отметим развитие зубца R

В классической кардиологии раздвоение зубца R считается нарушением проводимости [19, с. 19].

В кардиометрии раздвоение зубца R отражает анатомические особенности сердца, а именно дополнительных хорд, что подтверждается ультразвуковым сканированием [20, с. 50].

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагноза: раздвоение зубца R вызвано не нарушением проводимости, а наличием дополнительных хорд в сердце.

Зубец Р

В классической кардиологии волна Р используется для выявления перикардита. Её форма зависит от качества сокращения миокарда.

Волна Р – систола предсердия. Предназначение систолы предсердия – закрытие предсердно-желудочкового клапана.

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагноза:

В кардиометрии и кардиологии диагнозы по ЭКГ совпадают. Появление нескольких волн указывает на значительное снижение эластичности мышц миокарда, которое наблюдается при мультифокальном кардиосклерозе.

Гипертрофия желудочков

В кардиологии нет четких критериев для выявления гипертрофии желудочков. При кардиометрии гипертрофия не является критерием патологии. Это происходит только при регулярных физических нагрузках. При гипертрофии миокарда амплитуда зубца R уменьшается, а величина SV увеличивается.

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагнозов:

при гипертрофии важно контролировать метаболические параметры.

Зубец Т

В традиционной кардиологии исследование зубца Т позволяет выявить признаки ишемии миокарда и инфаркта задней стенки. В то же время кардиометрия точно показывает, что волна Т отражает лишь изменения диаметра аорты (ее увеличение или уменьшение), которые возникают в результате взаимодействия давления и объема крови, находящихся между желудочком и аортой.

Для сопоставления кардиологического и кардиометрического диагнозов можно сделать следующие выводы: форма волны Т зависит от соотношения давления в желудочке и аорте. Амплитуда волны Т указывает исключительно на диаметр аорты, который, в свою очередь, изменяется в зависимости от ударного объема крови. Этот объем способствует её расширению до тех пор, пока давление не станет достаточным для активации барорецепторов аорты, что в конечном итоге приводит к генерации импульса действия, отвечающего за регуляцию кровотока по сосудам.

Электрическая ось сердца

Параметр «электрическая ось сердца» диагностической значимости не имеет. Ось сердца изменяет свое положение при изменении положения тела. [1, с. 122].

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагноза: диагностического смысла для выявления патологии не имеет.

Нарушение ритма

Классическая кардиология рассматривает тахикардию с узким и широким интервалом Q-R-S. Различают регулярную и нерегулярную тахикардию.

Кардиометрия определяет, что нарушения ритма могут возникать в 3 случаях:

1. При локальном периферическом повышении гемодинамического сопротивления, которое вызывает активацию артериовенозных анастомозов.

2. При увеличении количества фибробластов в СА или АВ-узлах.

3. При дыхательной аритмии.

Появление некоторых зубцов Р вызвано мультифокальным склерозом миокарда. Зубцы Р появляются до тех пор, пока не закроется атриовентрикулярный клапан, что нарушается снижением эластичности желудочков.

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагнозов: важно знать, какую форму имеет внесолнечный комплекс QRS. Это критерий для выявления причины экстрасистолии.

В кардиологии также принято оценивать: перикардит; уровень K^+ ; отравление дигиталисом; переохладение; тромбоэмболия легочной артерии; декстокardia; дефект межпредсердной перегородки; чередование электрических импульсов, как при наличии искусственных стимуляторов ритма, так и при удлинении интервала QT.

Кардиометрия может быть оценена качественно:

а) зубец U на ЭКГ появляется на стадии ранней диастолы. Это связано с наполнением коронарного кровотока, но диагностикой качества его наполнения является синхронно регистрируемое движение от точки T, которая является концом зубца T, до начала зубца U;

б) высокая (низкая) кальциемия определяется в фазе S-L по амплитуде фазы;

в) гиперкалиемия определяется в фазе L-j по амплитуде фазы;

г) точка j не меняет своего положения на ЭКГ, поскольку это конец электромеханической связи;

д) отсутствует начальная или поздняя поляризация (реполяризация);

е) явления «повторного входа» не существует.

Выводы для сравнения кардиологического и кардиометрического диагнозов: отмеченная парадигма информационных признаков определяет тот факт, что врач функциональной диагностики или кардиолог должен направить пациента на дополнительное обследование. Не существует принципа постановки диагноза «здесь и сейчас».

Выводы

Принятие решения при несоответствии между собой практически полученных данных кардиологическим и кардиометрическим методами:

1. Блокады – нарушение ритма. Любая блокада должна быть оценена с позиции компенсационного механизма, вызванного индивидуальной анатомией

коронарных артерий, или наличием фибробластов в зоне СА- или АВ-узлов, или работой артериовенозных анастомозов. В заключение рекомендуется писать: блокада, сопоставляемая с ... (указать одну из диагностируемых причин).

Противоречия остаются, но появляется возможность эффективной терапии.

2. Синдром WPW. Оценивается с позиции метаболизма мышц сердца. Указываются диапазон норм и измеренное значение кислорода, лактата и креатинфосфата (КрФ). Отсюда следуют рекомендации по коррекции метаболизма. Это очень эффективный подход.

3. Сегмент ST и гипертрофия желудочков. Оценивается с позиции метаболизма и процессов, соответствующих электромеханическому сопряжению. Указывается лактат и креатинфосфат (КрФ). Это очень важные фазы по затратам энергии метаболизма. Они влияют на начальные условия энергии выхода крови в аорту, что отражается на реограмме в виде подъёма давления в фазе быстрого изгнания L-j.

Здесь же оценивается величина ударного объёма SV, характеризующая гипертрофию желудочков.

Подъем сегмента выше изолинии указывает на компенсацию слабости мышц миокарда.

Если при наблюдении депрессии фаз электромеханического сопряжения на ЭКГ, когда они почти сглажены и

начинаются от нижней части зубца S, то это соответствует острой фазе инфаркта и необходимо принять экстренные меры.

4. Зубец Q и развитие зубца R. Важнейшая фаза P-Q, указывающая на чистоту крови или её изменение за счёт бактериальной, вирусной, грибковой или паразитарной природы. Оценивается только при ортопробе. Критерий – изменение амплитуды фазы относительно изолинии. Нормализация чистоты крови устраняет множество симптомов и в первую очередь нормализует артериальное давление.

5. Зубец P. Оценка зубца P (волны P) в случае фиксации нескольких P-волн может быть сопоставлена с классическим через термин «мультифокальный кардиосклероз». Все остальные изменения формы P-волны должны быть сопоставлены с другими проявляющимися изменениями.

6. Зубец T. Форма волны T оценивается только при сопоставлении с другими изменениями и симптомами. Волна T – индикатор расширения аорты, которое наблюдается при принятии препаратов, снижающих артериальное давление.

7. Прочее. Во всех других случаях аналогично сопоставляется номенклатурному диагнозу функциональное изменение одного или зависящих друг от друга нескольких изменений ЭКГ.

Список литературы

1. Кардиометрия. Основы теории и практики / М. Ю. Руденко [и др.]. М.: Изд-во ИКМ, 2020. 214 с.
2. Gromov Y. Y., Gorbunov A. V., Tyutyunnik V. M. Intelligent digitalization of cardiovascular risks // *Cardiometry*. 2022. N 22. P. 77–94.
3. Тютюнник В. М. Реакция организма человека на внешние воздействия: Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2021 год // *История науки и техники*. 2022. № 8. С. 3–10.
4. Тютюнник В. М., Бучаченко А. Л. Молекулярный механизм магнитных эффектов для выяснения магнитохимии генов // *Marcus International Symposium*. 2022. Hilton Phuket Arcadia, Thailand, 2022.
5. Филиппов Ю. А. Технологии определения функционального и физиологического состояния человека // *Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ, управление*. 2020. № 5. С. 63–71.
6. Бучаченко А. Л., Тютюнник В. М. Новые рубежи геномной химии // *Перспективные направления исследований в науке и технике: коллективная монография / под ред. В. М. Тютюнника*. Тамбов: Нобелистика, 2021. С. 144–157.
7. Кризис современной медицины: как найти выход / М. Ю. Руденко [и др.] // *Информационные системы и процессы: сборник научных трудов / ред. проф. В. М. Тютюнник*. Тамбов: Нобелистика, 2017. С. 59–64.
8. Сердечно-сосудистая система спортсмена / М. Ю. Руденко [и др.] // *Кардиометрические характеристики физических возможностей до, во время и после занятий спортом*. М.: Издательский дом ИКМ, 2020. 160 с.
9. Norsk P. Adaptation of the cardiovascular system to weightlessness: Surprises, paradoxes and implications for deep space missions // *Acta. Physiol. (Oxf.)*. 2020. N 228(3). P. e13434. <https://doi.org/10.1111/apha.13434>
10. Affect of microgravity on cardiac shape: comparison of pre- and in-flight data to mathematical modeling / C. May, A. Borowski, D. Martin [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. N 63. P. A1096. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(14\)61096-2](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(14)61096-2)
11. Тютюнник В. М. Реакция организма человека на внешние воздействия: Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2021 год // *История науки и техники*. 2022. № 8. Р. 3–10.
12. Zhu H., Wang H., Liu Z. Влияние реальной и смоделированной невесомости на сердечные и периферические сосудистые функции человека: обзор // *Международный журнал профессиональной медицины и гигиены окружающей среды*. 2015. Т. 28, № 5. С. 793–802.

13. Новиков В. С., Сороко С. И., Шустов Е. В. Дезадаптивные состояния человека и их коррекция при экстремальных воздействиях. СПб.: Политехника – Принт, 2018. С. 5–11.
14. Кардиометрическая таксономия потенциала стресс-индикаторов в различных бытовых ситуациях / А. С. Огнев [и др.] // Кардиометрия. 2019. № 14. С. 101–4. EDN: LNQTO
15. Реверсивные методики как средство повышения достоверности кардиоокулометрической диагностики / Е. В. Бродовская [и др.] // Кардиометрия. 2021. № 18. С. 33–7. EDN: DJTX
16. Алгоритм артериального тонометра / И. С. Явелов [и др.] // Восточно-Европейский научный журнал. 2019. № 9(49).
17. Руденко М. Ю. Теоретические основы фазового анализа сердечного цикла. М.: ИКМ, 2007. 336 с.
18. Гречкина Л. И. Оценка гемодинамических показателей как потенциальных маркеров риска сердечно-сосудистой системы у молодых мужчин с разными типами саморегуляции кровообращения // Анализ риска для здоровья. 2019. № 1. С. 118–124.
19. Кузьминский Ю. Г., Шилько С. В. Метод диагностики сердечно-сосудистой системы на основе одномерной модели гемодинамики // Информатика. 2014. № 4. С. 19–33.
20. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension / Bryan Williams [et al.] // Eur. Heart. J. 2018. N 39(33). P. 3021–3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>

References

1. Rudenko M.Y., et al. Cardiometry. Fundamentals of theory and practice. Moscow: Izdatel'stvo IKM; 2020. 214 p. (In Russ.)
2. Gromov Y.Y., Gorbunov A.V., Tyutyunnik V.M. Intelligent digitalization of cardiovascular risks. *Cardiometry*. 2022;(22):77–94.
3. Tyutyunnik V.M. Reaction of the human body to external influences: Nobel Prize in Physiology and Medicine for 2021. *Istoriya nauki i tekhniki = History of Science and Technology*. 2022;(8):3–10. (In Russ.)
4. Tyutyunnik V.M., Buchachenko A.L. The molecular mechanism of magnetic effects for elucidating the magnetochemistry of genes. In: *Marcus International Symposium*. 2022. Hilton Phuket Arcadia, Thailand; 2022.
5. Filippov Y.A. Technologies for determining the functional and physiological state of humans. *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz, upravlenie = Bulletin of the Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. 2020;(5):63–71. (In Russ.)

6. Buchachenko A.L., Tyutyunnik V.M. New frontiers of genetic chemistry. In: Tyutyunnik V.M. (ed.) Promising areas of research in science and technology. Tambov: Nobelistika; 2021. P. 144–157. (In Russ.)
7. Rudenko M.Y., et al. The crisis of modern medicine: how to find a way out. In: Tyutyunnik V.M. (ed.) *Informatsionnye sistemy i protsessy: sbornik nauchnykh trudov = Information systems and processes: collection of scientific papers*. Tambov: Nobelistika; 2017. P. 59–64. (In Russ.)
8. Rudenko M.Y., et al. The cardiovascular system of an athlete. Cardiometric characteristics of physical abilities before, during and after sports. Moscow: Izdatel'skii dom IKM; 2020. 160 p. (In Russ.)
9. Norsk P. Adaptation of the cardiovascular system to weightlessness: Surprises, paradoxes and implications for deep space missions. *Acta. Physiol. (Oxf.)*. 2020;228(3):e13434. <https://doi.org/10.1111/apha.13434>
10. May C., Borowski A., Martin D., et al. Affect of microgravity on cardiac shape: comparison of pre- and in-flight data to mathematical modeling. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014;(63):A1096. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(14\)61096-2](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(14)61096-2)
11. Tyutyunnik V.M. Reaction of the human body to external influences: The N. Belevsky Prize in Physiology and Medicine for 2021. *Istoriya nauki i tekhniki = History of Science and Technology*. 2022;(8):3–10. (In Russ.)
12. Zhu H., Wang H., Liu Z. The effect of real and simulated weightlessness on human cardiac and peripheral vascular functions: a review. *Mezhdunarodnyi zhurnal professional'noi meditsiny i gigieny okruzhayushchei sredy = International Journal of Occupational Medicine and Environmental Hygiene*. 2015;28(5):793–802. (In Russ.)
13. Novikov B.C., Soroko S.I., Shustov E.B. Maladaptive human conditions and their correction under extreme conditions. Saint-Petersburg: Politekhnik – Print; 2018. P. 5–11. (In Russ.)
14. Ognev A.S., et al. Cardiometric taxonomy of the potential of stress indicators in various everyday situations. *Kardiometriya = Cardiology*. 2019;(14):101-4. (In Russ.) EDN: LNQTO
15. Brodovskaya E.V., et al. Reversible techniques as a means of increasing the reliability of cardioculometric diagnostics. *Kardiometriya = Cardiology*. 2021;(18):33-7. (In Russ.) EDN: DJTX
16. Yavelov I.S., et al. Arterial tonometer algorithm. *Vostochno-Evropeiskii nauchnyi zhurnal = East European Scientific Journal*. 2019;(9). (In Russ.)
17. Rudenko M.Y. Theoretical foundations of the phase analysis of the cardiac cycle. Moscow: ICM; 2007. 336 p. (In Russ.)

18. Grechkina L.I. Assessment of hemodynamic parameters as potential markers of cardiovascular risk in young men with different types of circulatory self-regulation. *Analiz riska dlya zdorov'ya = Health Risk Analysis*. 2019;(1):118–124. (In Russ.)
19. Kuzminsky Y.G., Shilko S.V. Method of diagnosis of the cardiovascular system based on a one-dimensional model of hemodynamics. *Informatika = Computer Science*. 2014;(4):19–33. (In Russ.)
20. Bryan Wiliams, et al. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur. Heart. J.* 2018;(39):3021–3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>

Информация об авторе / Information about the Author

Михаил Юрьевич Руденко, кандидат
технических наук, преподаватель,
Южный федеральный университет,
г. Таганрог, Ростовская область,
Российская Федерация,
e-mail: cardiocode@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-1860-3454

Mikhail Y. Rudenko, Candidate of Sciences
(Engineering), Lecturer, Southern Federal
University, Taganrog, Rostov Region,
Russian Federation,
e-mail: cardiocode@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-1860-3454